

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-248685

(43)Date of publication of application : 17.09.1999

(51)Int.Cl. G01N 27/90

(21)Application number : 10-364900

(71)Applicant : UNITED TECHNOL CORP <UTC>

(22)Date of filing : 22.12.1998

(72)Inventor : RAULERSON DAVID A
AMOS JAY
SMITH KEVIN D

(30)Priority

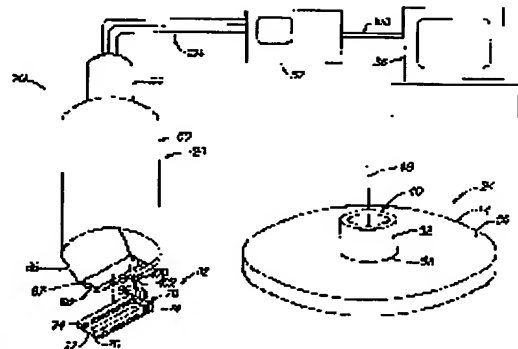
Priority number : 97 996127 Priority date : 22.12.1997 Priority country : US

(54) METHOD AND DEVICE FOR NONDESTRUCTIVE INSPECTION

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a probe with a wide inspection field by providing a driver having a length in a direction parallel with a scanning route and a width, and a receiver having an effective coil axis orthogonal to that of the driver a length in the same direction as the driver, a width larger than the length and a thickness.

SOLUTION: An eddy current probe 28 is provided with a housing 60, a probe element 62, and an electrical connector 64. The element 62 is provided with a driver 70, a receiver 72 and a shield 74. The driver 70 is provided with a core and a driver coil. The effective axis of the driver coil is parallel with the main direction of a magnet field and in the vicinity of a main outside surface 76 of the receiver 72, and the magnetic field is even in the vicinity of the receiver 72. The receiver 72 is provided with a receiver coil and the effective axis of the receiver coil is arranged perpendicular to the effective axis of the driver coil to shield the magnetic field with respect to the receiver 72 and the driver 70. The receiver 72 has substantially at least a width which is about 1.25 times larger than the length of the receiver 72 so that it can cover a wide field.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or

application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-248685

(43) 公開日 平成11年(1999) 9月17日

(51) Int.Cl.⁶

G 0 1 N 27/90

識別記号

F I

G 0 1 N 27/90

審査請求 未請求 請求項の数29 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願平10-364900

(22) 出願日 平成10年(1998)12月22日

(31) 優先権主張番号 08/996127

(32) 優先日 1997年12月22日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 590005449

ユナイテッド テクノロジーズ コーポレーション

UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION

アメリカ合衆国, コネチカット 06101, ハートフォード, ユナイテッド テクノロジーズ ビルディング

(72) 発明者 デイヴィッド エイ. ローレーソン

アメリカ合衆国, フロリダ, パーム ビーチ ガーデنز, シエナ オークス サークル イースト 1071

(74) 代理人 弁理士 志賀 富士弥 (外2名)

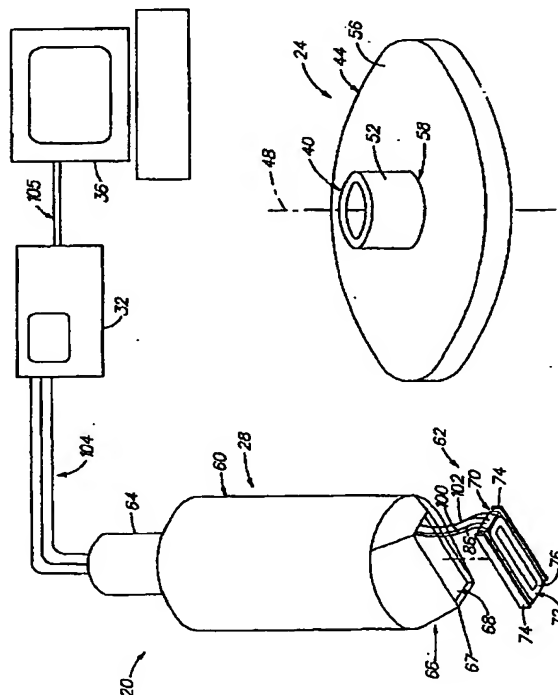
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 非破壊検査のための方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】 非破壊検査のための方法及び装置を提供する。

【解決手段】 物体の検査に用いるエディカレントプローブは、有効コイル軸を有するコイルを含むドライバと、ドライバコイルの有効コイル軸に実質的に垂直に配置されたコイル軸を有するレシーバを備えている。レシーバは、長さ、厚さとを有しており、長さは、走査経路に平行な方向の寸法であり、幅は、長さよりも実質的に大きな寸法を有している。さらに、物体を検査するために用いるエディカレントプローブは、有効コイル軸を有し、走査経路に平行な方向の長さ、幅とを備えたドライバと、ドライバの有効コイル軸に実質的に垂直に配列されたコイル軸を有するレシーバとを備えており、レシーバと少なくとも端部のうちの少なくとも1つの距離は、ドライバの幅の0.125倍以下とされたエディカレントプローブを提供する。また、上述のエディカレントプローブを用いる検査方法を提供する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 物体を検査するために用いるエディカレントプローブであって、該プローブは前記物体の走査経路に沿って移動され、

有効コイル軸を有するコイルを備え前記走査経路に実質的に平行な方向の寸法の長さ、と、幅とを有するドライバと、

前記ドライバの前記コイルの有効コイル軸に対して実質的に垂直に配置されたコイル軸を有するコイルを備え、前記走査経路に実質的に平行な方向の寸法の長さ、と、該長さよりも実質的に大きな寸法の幅と、厚さとを有するレシーバとを備えたエディカレントプローブ。

【請求項 2】 前記プローブの前記幅は、長さの少なくとも 1.25 倍とされていることを特徴とする請求項 1 に記載のプローブ。

【請求項 3】 前記プローブの前記幅は、長さの少なくとも 2.5 倍とされていることを特徴とする請求項 1 に記載のプローブ。

【請求項 4】 前記レシーバは、前記物体と前記ドライバの間に配設されることを特徴とする請求項 1 に記載のプローブ。

【請求項 5】 前記レシーバは、バンケーキ型形状とされていることを特徴とする請求項 1 に記載のプローブ。

【請求項 6】 前記レシーバの前記コイルは、5～15 の範囲の巻き線数とされていることを特徴とする請求項 1 に記載のプローブ。

【請求項 7】 前記レシーバの前記コイルは、0.025 インチのギャップを有していることを特徴とする請求項 1 に記載のプローブ。

【請求項 8】 前記ドライバは、0.1 インチ以下の高さを有していることを特徴とする請求項 1 に記載のプローブ。

【請求項 9】 前記ドライバの前記コイルは、幅方向に対向する端部を有しており、前記レシーバと前記端部の少なくとも 1 つの間の距離が前記ドライバの幅の 0.125 倍以下とされていることを特徴とする請求項 1 に記載のプローブ。

【請求項 10】 前記ドライバの前記コイルは、幅方向に対向する端部を有しており、前記レシーバと前記端部の少なくとも 1 つの間の間の距離が前記ドライバの幅の 0.0625 倍以下とされていることを特徴とする請求項 1 に記載のプローブ。

【請求項 11】 前記プローブの前記幅は、長さの少なくとも 1.25 倍とされており、前記レシーバは、バンケーキ型形状を有しており、前記レシーバの前記コイルは、5～15 の巻き線数を有して、前記ドライバは、0.1 インチ以下の高さを有しており、前記レシーバは前記物体と前記ドライバの間に配設されることを特徴とする請求項 1 に記載のプローブ。

【請求項 12】 前記ドライバの前記コイルは、幅方向

に対向した端部を有しており、前記レシーバと前記端部の少なくとも 1 つの間の距離が前記ドライバの幅の 0.125 倍以下とされていることを特徴とする請求項 1 に記載のプローブ。

【請求項 13】 前記ドライバの前記コイルは、幅方向に対向する端部を有しており、前記レシーバと前記端部の少なくとも 1 つの間の距離が前記ドライバの幅の 0.0625 倍以下とされていることを特徴とする請求項 1 に記載のプローブ。

【請求項 14】 前記レシーバは、幅方向に実質的に曲がった形状の主外側面を有していることを特徴とする請求項 1 に記載のプローブ。

【請求項 15】 前記レシーバは、幅方向に実質的に複合曲線の形状の主外側面を有していることを特徴とする請求項 1 に記載のプローブ。

【請求項 16】 物体を検査するために用いるエディカレントプローブであって、該プローブは前記物体の走査経路に沿って移動され、

有効コイル軸を有し幅方向に対向する端部を備えたコイルと、前記走査経路に実質的に平行な方向の寸法の長さ、と、幅とを有するドライバと、

前記ドライバの前記コイルの有効コイル軸に対して実質的に垂直に配置されたコイル軸を有するコイルを備え、前記走査経路に実質的に平行な方向の寸法の長さ、と、該長さよりも実質的に大きな寸法の幅と、厚さとを有するレシーバとを備え、前記レシーバと前記端部の少なくとも 1 つの間の距離が前記ドライバの幅の実質的に 0.125 倍以下とされているエディカレントプローブ。

【請求項 17】 前記レシーバと前記端部の少なくとも 1 つの間の距離が前記ドライバの幅の 0.0625 倍以下とされていることを特徴とする請求項 16 に記載のプローブ。

【請求項 18】 前記レシーバは、前記物体と前記ドライバの間に配設されることを特徴とする請求項 16 に記載のプローブ。

【請求項 19】 前記レシーバは、バンケーキ型形状とされていることを特徴とする請求項 16 に記載のプローブ。

【請求項 20】 前記レシーバの前記コイルは、5～15 の範囲の巻き線数とされていることを特徴とする請求項 16 に記載のプローブ。

【請求項 21】 前記レシーバの前記コイルは、0.025 インチのギャップを有していることを特徴とする請求項 16 に記載のプローブ。

【請求項 22】 前記ドライバは、0.1 インチ以下の高さを有していることを特徴とする請求項 16 に記載のプローブ。

【請求項 23】 前記レシーバは、バンケーキ型形状を有しており、前記レシーバの前記コイルは、5～15 の巻き線数を有して、前記ドライバは、0.1 インチ

以下の高さを有しており、前記レシーバは前記物体と前記ドライバの間に配設されることを特徴とする請求項16に記載のプローブ。

【請求項24】 前記レシーバは、幅方向に実質的に曲がった形状の主外側面を有していることを特徴とする請求項16に記載のプローブ。

【請求項25】 前記レシーバは、幅方向に実質的に複合曲線の形状の主外側面を有していることを特徴とする請求項16に記載のプローブ。

【請求項26】 物体の走査経路に沿って前記物体を検査するための方法であって、前記方法は、有効コイル軸を有するコイルを備え、前記走査経路に実質的に平行な方向の寸法の長さ、幅とを有するドライバと、前記ドライバの前記コイルの有効コイル軸に対して実質的に垂直に配置されたコイル軸を有するコイルと、前記走査経路に実質的に平行な方向の寸法の長さ、幅と、該長さよりも実質的に大きな寸法の幅と、厚さとを有するレシーバとを備えたエディカレントプローブを用いるステップと、前記エディカレントプローブを前記走査経路に沿って実質的に平行に移動させ、前記エディカレントプローブに前記物体中の欠陥の存在を示す電気信号を発生させるステップと、前記エディカレントプローブからの前記電気信号を表示するステップとを有する方法。

【請求項27】 前記エディカレントプローブからの電気信号をモニタするステップと、前記エディカレントプローブからの前記信号を示した電気信号を発生させるためのステップと、発生した前記電気信号を処理して前記物体中の欠陥の存在を判断するステップとを有することを特徴とする請求項26に記載の方法。

【請求項28】 物体の走査経路に沿って前記物体を検査するための方法であって、前記方法は、有効コイル軸を有し、幅方向に対向した端部を有するコイルを備え、前記走査経路に実質的に平行な方向の寸法の長さ、幅とを有するドライバと、前記ドライバの前記コイルの有効コイル軸に対して実質的に垂直に配置されたコイル軸を有するコイルを備えるとともに、前記走査経路に実質的に平行な方向の寸法の長さ、幅と、該長さよりも実質的に大きな寸法の幅と、厚さとを有するレシーバとを備え、前記レシーバと前記端部の少なくとも1つの間の距離が前記ドライバの幅の実質的に0.125倍以下とされているエディカレントプローブを用い、前記エディカレントプローブを前記走査経路に沿って実質的に平行に移動させ、前記エディカレントプローブに前記物体中の欠陥の存在を示す電気信号を発生させるステップと、前記エディカレントプローブからの前記電気信号を表示するステップとを有する方法。

【請求項29】 前記エディカレントプローブからの電

気信号をモニタするステップと、前記エディカレントプローブからの前記信号を示した電気信号を発生させるためのステップと、発生した前記電気信号を処理して前記物体中の欠陥の存在を判断するステップとを有することを特徴とする請求項28に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、部品の検査方法及び装置に関し、より詳細にはエディカレント技術を用いた方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】エディカレントプローブは、しばしば航空機及び電力工業における重要な部品の非破壊検査のための用いられる。これらの多くの重要な部品は、過酷な運転下において、極限的な高い応力を受ける材料である。ガスタービンエンジン工業においては、推力／重量比を増加させ、エンジンの信頼性ある運転を保証するために、より高い耐久性があっても必要とされる検査の間隔を延ばすことが望まれている。部品の耐久性を確保するためには、僅かな欠陥をも検出する必要がある。例えば、ガスタービンエンジンのロータディスクは、欠陥の存在を検出するため全表面を検査する必要がある。所定寸法の欠陥を検出できないことは、より高性能で、より競争力のある製品の製造を妨げることになる。さらには、これらの重要な部品の表面は、しばしば曲面や角部や及び／又は複雑な形状を有する不規則な形状となっていて、これらのことによって重要な部品の検査がより困難となっている。

【0003】エディカレントプローブは、典型的にはドライバコイルと、レシーバコイルとを備えている。電気的な励起電流が流されると、ドライバコイルは検査する物体内に磁界を生じさせる交番電界・磁界を発生させ、これにより部品内部にエディカレントが発生する。この部品内のエディカレントは、レシーバコイル内に市販の装置によって検出する電磁気的な信号、すなわちレスポンスを与える。例えば、部品内における欠陥又は異なった形態といった異常の上をプローブが通過すると、この異常は、エディカレントを妨げ、レシーバコイル内に異なった信号を生じさせることになる。この変化は、上述の装置によって検出される。

【0004】エディカレントプローブを装置化するための2つの基準としては、その応答性の感度と、本発明においては均一性として表現するプローブの幅手方向に沿った異なった点におけるレスポンスの均一性にある。感度は、特定の寸法の欠陥を見出す能力の指標となる定性的な目安である。用途に利便性のあるプローブのためには、関心を持っている欠陥サイズを検出する十分な感度を有している必要がある。均一性は、プローブの有効幅の指標となる。プローブは、その幅手方向を横切ったすべての点において同一の感度を有するわけではない。端

部における感度は、典型的には中心部よりも低く、本発明の用途には向いていない。利用できる幅がより大きくなれば、一度により広い領域を検査することのできるプローブとなることを意味する。以後これを広いフィールドカバー性というが、これは、全体をより迅速に検査することを可能とする。均一性はまた、例えば角部を備えた物体といった複雑な形状を有する検査物体に対して有効である。典型的には、角部の付近では、プローブの一部しか配置することができない。このプローブが端部において感度が低いと、プローブは角部付近における欠陥を検出することができないことになる。

【0005】従来では、ロータディスクを検査するために用いることのできる好適な感度を有するエディカレントプローブは、例えば0.030から0.060インチ（1インチは、25.4mmである）の極めて小さな幅のプローブ要素である。このような小さな要素を備えたプローブを用いることは、検査のための時間とコストとを著しく増加させてしまうことになる。完全に自動化された操作システムでさえも、単一のロータディスクの検査には、これらの小さなプローブの幅が狭いために、すなわちフィールドカバー性が狭いために80時間以上を要する。

【0006】広いフィールドカバー性を有し、部品の広い領域を検査することができエディカレントプローブが知られている。このようなプローブは、通常ワイドフィールドカレントプローブとして参照される。より幅を大きくすれば、より広い表面領域をプローブすることができ、部品のより広い領域を検査することが可能となる。しかしながら、より幅を広くし、表面積を大きくした現在のエディカレントプローブは、航空機分野及び電力工業における多くの重要な部品の検査のためには、十分な感度を有していない。さらには、最も広いフィールドのエディカレントプローブは、十分に均一なレスポンスを与えず、プローブの感度もその端部において過大に減少する。したがって、角部を有する複雑な形状の表面を検査するためには用いることができない。

【0007】サットンジュニア（Sutton, Jr）等に付与された米国特許第5,442,286号及びヘ Dengren（Hedengren）等に付与された米国特許第5,262,722号においては、薄い多層構造内に配設されたエディカレントプローブ要素が開示されている。ドライバとレシーバは、構造体内の隣接した層内に配設されている。このようなプローブは、複雑な形状を検査するには都合がよいものの、所望する感度よりも低く、例えばシグナルノイズ比が低い。

【0008】別のタイプのエディカレントプローブは、電流バータベションプローブとして参照される。このバータベションプローブは、ドライバコア軸が、レシーバコア軸に垂直とされている。この特徴により、ドライバ磁界からレシーバ磁界が切り離されるので、欠陥

ではない表面ノイズに対するレシーバの感度を低下させることができる。いくつかの材料においては、例えばチタンでは、他のものよりも表面ノイズの方が検出される。バータベションプローブは、典型的には高感度ではあるものの、広いフィールドカバー性を与えず、複雑な形状の検査を可能とするものではない。

【0009】ホシカウ（Hoshikaw）等「回転方向エディカレントを用いた新規なECTプローブ」、キョーヤマ（Kyoyama）等、レビュー・オブ・プログレス・イン・クワンティタティブ・ノンデストラクティブ・エバリュエーション（Review of Progress in Quantitative Nondestructive Evaluation）、第15巻「均一な回転方向を有するエディカレントを用いた新規なECTプローブの基礎研究」、キョーヤマ等第16巻においては、エディカレントテストとして参照されるバータベションプローブの1例及び回転方向エディカレントを用いたプローブが開示されている。このプローブは、2つの直交した翼部を備えた一辺が30mmの立方体のカップ状ドライバを用い、バンケーキ型のレシーバを用いている。ホシカウ等は、このプローブが最小のノイズで多くの欠陥データを得ることができることを開示している。しかしながら、このプローブは、広い検査フィールドを与えるものではなく、複雑な形状の検査に適したものでもない。

【0010】グリバー（Gulliver）等に付与された米国特許第5,483,160号においては、ドライバコイルとドライバコイルの軸に各軸が垂直とされた1つ以上、例えば4つのバータベションコイル、すなわちレシーバコイルを備えたマルチセンサプローブが開示されている。このバータベションコイルは、それぞれが平坦な形状を有しており、プローブヘッドの微小面にマウントされている。バータベションコイルは、部品に対するプローブの運動方向に直交する方向の幅よりも、部品のプローブに対しての運動方向に対して平行の方向に長くされている。しかしながら、このプローブは、ワイドフィールドのプローブではなく、また重要な部品の検査に用いられるほどに十分な感度を有しているものではない。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】したがって、本発明の目的は、良好な感度を有しつつ広い検査フィールドを有するエディカレントプローブを提供することにある。

【0012】本発明の他の目的は、複雑な形状の検査物体に用いることのできるエディカレントプローブを提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明の第1の構成によれば、物体を検査するために用いるエディカレントプローブは、プローブが物体に対して走査経路に沿って運動するようにされており、このプローブは、有効なコイル軸を有するコイルを備え、実質的に走査経路と平行な方

向に向かった長さ、幅とを有するドライバと、ドライバコイルの有効コイル軸に実質的に垂直なコイル軸を有するコイルを備え、走査経路の方向に平行に延びた長さ、この長さよりも実質的に大きな寸法とされた幅と厚さとを備えたレシーバとを有している。

【0014】本発明の第2の構成によれば、物体を検査するために用いられるエディカレントプローブは、物体の走査経路に沿って移動され、このプローブは、有効なコイル軸を備え、幅方向に対向する端部を有するコイルを有し、実質的に走査経路と平行な方向に向かった長さ、幅とを有するドライバと、ドライバコイルの有効コイル軸に実質的に垂直なコイル軸を有するコイルを備え、走査経路の方向に平行に延びた長さ、この長さよりも実質的に大きな寸法とされた幅と、厚さとを備えるとともに、少なくとも上述した端部との間の距離がドライバの幅の0.125倍よりも小さくされたレシーバとを有している。

【0015】本発明の第3の構成によれば、物体に沿った走査経路に沿った物体を検査するための方法が提供され、この方法は、有効コイル軸を有するコイルを備え、実質的に走査経路と平行な方向に向かった長さ、幅とを有するドライバと、ドライバコイルの有効コイル軸に実質的に垂直なコイル軸を有するコイルを備え、走査経路の方向に平行に延びた長さ、この長さよりも実質的に大きな寸法とされた幅と、厚さとを備えるエディカレントプローブを用いるステップと、このエディカレントプローブが、物体内の欠陥の存在を示した電気信号を与えるようにこのエディカレントプローブを実質的に走査経路に沿って移動させるステップと、このエディカレント信号を表示させるステップとを有している。

【0016】さらに、本発明の第4の構成によれば、物体を走査経路に沿って検査する方法が提供され、このプローブは、有効なコイル軸を備え幅方向に対向した端部を有するコイルを有し、実質的に走査経路と平行な方向に向かった長さ、幅とを有するドライバと、ドライバコイルの有効コイル軸に実質的に垂直なコイル軸を有するコイルを備え、走査経路の方向に平行に延びた長さ、幅と、厚さとを備えるとともに、少なくとも上述した端部の少なくとも1つの間の距離がドライバの幅の0.125倍よりも小さくされたレシーバコイルとを備えたエディカレントプローブを用いるステップと、このエディカレントプローブが、物体内の欠陥の存在を示した電気信号を与えるようにこのエディカレントプローブを実質的に走査経路に沿って移動させるステップと、このエディカレント信号を表示させるステップとを有している。

【0017】エディカレントプローブは、垂直に配置されたドライバコイル軸とレシーバコイル軸とを備えた電流バータベーションプローブとされており、これ自体はこれまで知られたものであるが、バータベーションブ

ローブにより、例えば航空機又は電力工業に用いられるような好適な感度を持って広い検査フィールドを提供できることはこれまで知られてはいない。フィールドカバー性を増加させるためにエディカレントプローブの長さに対して幅を広げることは、典型的には著しい又は過剰なプローブの幅手方向に沿った感度及び均一性の低下を伴うものであった。しかしながら、電流バータベーションタイプの場合には、その長さに対して幅を増加させることによって、より広いフィールドカバー性を、感度又は均一性の過剰な低下を生じさせずに提供できることが見出された。このようなプローブは、航空機工業又は電力工業における重要な部品の検査のために有用である。

【0018】さらに、バータベーションプローブに関する従来の検討によれば、ドライバの幅は、レシーバの下側に十分に均一な磁界を発生させるためにはレシーバの幅よりも充分に大きくする必要があることが知られている。これまでは、レシーバの幅は、ドライバの幅よりも2/3を超えるものとはされていなかった。この従来のバータベーションプローブによれば、幅手方向端部付近における感度が低下し、このため有効幅が制限され、複雑な形状の物体の検査能力が制限されてきた。しかしながら、本発明者らは、鋭意検討した結果レシーバの下側の磁界の均一性を過剰に損なわずにドライバの幅方向付近にまでレシーバを延長することができることを見出し、本発明に至ったものである。レシーバをドライバの幅方向端部にまで配置させ、レシーバの下側に適切な磁界を発生させることにより、プローブの端部付近における感度をより向上させることができる。このようなプローブは、例えば複雑な形状を有する部品の検査に有効である。

【0019】

【発明の実施の形態】以下に本発明を図1に示すようにガスタービンエンジンのロータディスクといった物体表面を検査するシステムに用いる本発明の好適な実施例について説明する。

【0020】図1を参照すると、図1には、ガスタービンエンジン（図示せず）のロータディスク24といった物体を検査するための自動検査システムが示されている。この自動検査システム20は、エディカレントプローブ28と、インタフェイス装置32と、プロセッサ36とを備えている。ロータディスク24は、ハブ部分40とディスク部分44とを有しており、これらは共通の長手方向軸を有している。ハブとディスク部分40、44とは、角部58として収束して行く面52、56を有している。

【0021】エディカレントプローブ28は、ハウジング60と、プローブ要素62と、電気コネクタ64とを備えている。ハウジング60は、端部66を備えており、この端部66は、外側面67とキャビティー68とを備えている。プローブ要素62は、ドライバ70と、

10

20

30

40

50

レシーバ 72 と、対となったシールド 74 とを有している。このレシーバ 72 は、主外側面 76 を備えている。プローブ要素 62 は、キャビティ 68 の内側に嵌合されて、レシーバ 72 の主外側面 76 が、実質的にハウジング 60 の端部 66 の外側面 67 と面一にされている。キャビティ内にプローブ要素を備える際には、0.004 インチ厚のテフロンテープと言った保護層が典型的にはプローブ要素 62 及びハウジングの外側面 67 の端部を覆うようにに設けられており、物体表面により摩滅しないようにされている。

【0022】図 3 を参照すると、ドライバ 70 は、コア 80 とコイル 82 とを備えているのが示されている。コイル 82 は、複数の巻き線 84 を有しており、この巻き線は、コア 80 及び 2 つの端部ターミナル 86、88 の周りに配設されている。レシーバ 72 は、コイル 92 を有しており、このコイル 92 は、複数の巻き線 96 と 2 つの端部ターミナル 98、100 を有している。レシーバコイル 92 の一方の端部ターミナル 98 は、ドライバコイル 82 の一方の端部ターミナル 88 へと電氣的に連結されていて、共通のターミナル 102 とされていることが好ましい。

【0023】図 1 を再度参照すると、この共通のターミナル 102 及びこれとは別のドライバ及びレシーバターミナル 86、100 は、電気コネクタと複数の電氣的コンダクタ 104 とを介してインタフェース装置 32 へと連結されている。別の複数の電氣的コンダクタ 105 は、プロセッサ 36 へとこのインタフェース装置 32 を電氣的に接続させている。

【0024】図 2 を参照すると、自動化されたマニピュレータ（図示せず）は、エディカレントプローブ 28 をロータディスク 24、例えばディスク部分 44 の表面 56 に隣接させて位置決めして、表面の検査を行うようになっている。このマニピュレータ（図示せず）は、エディカレントプローブ 28 を、レシーバ 72 の主外側面 76 を検査するための表面 56 へと向けて配置させている。この配置により、レシーバ 72 の主外側面の下側において直対向する表面部分 106 の検査を可能にさせており、これが走査面 106 として示されている。インタフェース装置 32 は、ドライバコイル 82 へとドライバコイル 82 から磁界を生じさせる電氣的励起信号を送る。この磁界は、走査面 106 内にエディカレントを生じさせる。エディカレントの特性は、例えば表面 106 がどのような欠陥があるかと言った走査面 106 の特性に依存している。走査面 106 内でのエディカレントは、レシーバコイル 92 内に電流と言った電気信号を生じさせる。この電気信号は、エディカレントの特性に比例している。

【0025】マニピュレータ（図示せず）は、エディカレントプローブを経路 116 に沿って移動させる。以後これを走査経路 116 と呼ぶ。この走査経路 116 は、

ロータディスクの表面 56 に概ね平行とされている。プローブが走査経路 116 に沿って運動すると、下側にあるロータディスクの直対向する面を走査して、対となった破線 121 で示されている走査された蓄積された表面 120 を与えるようにされている。この蓄積された走査面は、幅 122 を有している。

【0026】インタフェース装置 32 は、レシーバコイル 92 内の電流をモニタしており、プロセッサ 36 へとコイル 92 内の電気信号の特性を示した電気信号を送る。プロセッサ 36 は、この信号を処理して走査面 106 内における及び蓄積された走査面 120 における欠陥の有無を判断する。

【0027】図 3 を参照すると、エディカレントプローブ要素 62 は、通常電流バージョンプローブとして参照されるタイプとされている。このドライバコイル 82 は、有効軸 124 を有していて、この軸は、磁界 125 の主方向に対して平行とされているとともに、レシーバの主外側面近くとされており、コイル 82 を流れる電流により発生しているドライバにより発生された磁界 125 は、レシーバの近傍で実質的に均一とされていることが好ましい。すべて同一配置の巻き線を有するコイルについては、例えば図 3 と同様に、有効コイル軸 124 は、実質的にコイルの実際の軸と一致している。しかしながら、種々の配置を持った巻き線を備えたコイル、例えば第 3 の実施例（図 14 から図 15）に示するようなコイルを備える場合には、有効コイル軸は、実際の軸とは一致しなくとも良い。レシーバコイル 92 は、ドライバコイルの軸 124 に実質的に垂直に配置されたコイル軸 126 を有している。このドライバとレシーバの互いのコイル軸 124、126 の垂直の配置により、レシーバがドライバからの磁界 125 から遮断され、このプローブが検査する物体表面形状に対しての感受性を低下させている。

【0028】図 4 を参照すると、ドライバコイルとレシーバコイル 82、92 は、それぞれ幅 128、130 と、長さ 132、134 と、厚さ 136、138 とを有している。ドライバコイル 82 は、幅手方向に対向した端部 140、144 を有している。エディカレントプローブでは通常、幅 128、130 は、走査経路 116 の方向に直交する方向の寸法として規定される。この規定に従えば、幅手方向寸法は、蓄積される走査面 120（図 2）の幅 122（図 2）の方向に対して平行な寸法となる。長さ 132、134 は、走査経路 116 の方向に対して平行な寸法として規定される。この規格によれば、蓄積される走査面 120（図 2）の幅 122 方向に直交する方向が長さとなる。

【0029】本発明の第 1 の構成によれば、レシーバ 72 は、長さ寸法 134 よりも実質的に少なくとも 1.25 倍大きな幅方向寸法 130 を有していて、広いフィールドカバー性を有していることが好ましい。エディカレ

10

20

30

40

50

ントプローブの長さ134に対して幅130を増加させることによって、通常では感度と均一性の著しい、又は過剰な低下した広いフィールドカバー性が与えられることになる。しかしながら、電流パターベーションタイプのエディカレントプローブでは、感度と均一性を過剰に低減させることなく、幅130を長さ134に対して増加させることが可能であることが見出された。長さ134の増加は、概ねレシーバの感度を比例して減少させるが、幅130の増加は、長さ134の増加により生じる感度の低下よりはかなり小さくなっている。したがって、レシーバ72には、広い走査幅122（図2）を与えることが可能となり、好適な感度を与えながら検査時間を低減させることが可能とされる。幅の長さに対する比は、用途に応じて最適化されるようにして選択できる。レシーバ72の長さ134は、レシーバに適切な数の巻き線を設けるために充分な大きさとされる。例えば、1つの実施例においては、レシーバ72の幅130と長さ134は、それぞれ約0.150インチと0.056インチとされており、その比は、約2.5:1とされている。別の実施例においては、レシーバ72の幅130と長さ134は、それぞれ約0.500インチと約0.056インチとされていて、その比は約9:1とされている。

【0030】本発明の第2の構成によれば、レシーバ72と少なくとも1つの幅方向に対向した端部140、144の間の距離は、ドライバ70の幅128の0.125倍以下とされていて、従来の電流パターベーションプローブが可能であったよりも幅手方向周辺部における感度をより向上させている。従来のパターベーションプローブによれば、レシーバ72の下側において十分均一な磁界を発生させるためには、ドライバ70の幅128は、レシーバの幅よりも著しく大きくする必要があるものとされていた。この結果、従来のパターベーションプローブでは、それらの幅手方向端部140、144付近での感度が低下していた。しかしながら、レシーバ72がドライバ70の幅手方向端部140、144にまでレシーバの下側の磁界の均一性を過剰に低下させることなく延長させることができることが見出されたのである。ドライバ70の幅手方向端部付近のレシーバ72及びこのレシーバの下側の好適な磁界により、プローブの幅手方向端部付近でより高い感度が得られる。このように端部におけるより大きな感度は、複雑な形状、例えばロータディスク24（図1）の角部（図1）と言った不連続な複雑な形状の部品の検査を容易にさせる。レシーバは、ドライバの端部140からドライバの対向する側における端部144まで延ばされていて、ドライバ70の両端140、144において最大感度を与えるように構成されていることが好ましいが、このように構成することは必ずしも必要なことではない。端部における感度の連続的な改善は、レシーバ72と端部の間の距離を連続

して小さくすることによって達成することができ、ドライバの幅128の0.0313倍の距離とすることによってドライバの幅128の0.0625倍の距離の場合よりも端部付近での感度を高めることができる。

【0031】レシーバコイルは、バンケーキ型の形状を有していることが好ましく、本発明においては、厚さ寸法138よりもかなり大きな幅寸法及び長さ寸法130、134を有していることが好ましい。レシーバコイルは、巻き線を1巻き、すなわちレシーバコイルの厚さ138は、巻き線96の厚さと実質的に等しくされることが好ましく、巻き線96は、螺旋状に配置されていることが好ましい。巻き線の数、約5～15の範囲とすることが好ましく、さらには、約10とすることが好ましい。これは、ギャップ146が、螺旋の中央部において例えば約0.025インチ幅とされることが好ましいことを意味する。このようなレシーバは、最適感度を有するプローブを与える。レシーバコイル92は、50ゲージのエナメルで絶縁された銅ワイヤで構成されていることが好ましいが、どのような好適な導電体であっても用いることができる。レシーバのインピーダンスは、典型的には周波数が2MHzにおいて10～20Ωとされていることが好ましい。50Ω以上のインピーダンスであってもエディカレントプローブ用のドライバとレシーバには望ましいが、10～20Ωのインピーダンスとすると電流パターベーションタイプにおいては著しい問題を生じさせない。いくつかの実施例においては、レシーバは、例えば幾分か大きなインピーダンスを得るために強磁性材料を含有するコアから構成されていても良い。

【0032】この実施例においては、ドライバコア80は、矩形ブロックの形状を有している。コア80の厚さ150（図5（c））は、比較的小さくすることが好ましく、このように小さくすることによってドライバのインピーダンス値を小さくすることができ、レシーバのインピーダンス値に近づけることが可能となる。しかしながら、厚さを小さくすることは、好適な磁界を与えることの妨げにはならない。1つの実施例においては、ドライバは、0.1インチ以下の厚さを有しており、0.05インチ、より好ましくは0.025インチ以下とすることが好ましい。最良の実施例においては、このコアの厚さは約0.0015インチとされている。航空機部品の検査のために用いる場合には、ドライバコイルへとインタフェース装置によって送られる電氣的励起信号は、典型的には約1MHzから約6MHzであり、通常ではほぼ5MHzである。このドライバの長さは、レシーバとほぼ同一にすることが好ましいが好適などのような長さであっても用いることができる。

【0033】ドライバコア80の最良の実施例では、コア80は、フェライト材料を含んでいるが、プラスチック又は空気と言ったいかなる好適な材料を含んでいても

良い。ドライバコイルは、エナメルで絶縁された44ゲージの銅ワイヤから構成されていることが好ましいが、いかなる好適な導電体であっても用いることができる。隣接する巻き線84の間にはギャップが形成されていないことが好ましい。巻き線84の数は、約15～約40の範囲であることが好ましいものの、約20～30の範囲、例えば25とすることがより好ましい。

【0034】ドライバ70とレシーバ72は、別々に製造され、その後互いに接合される。ドライバコイル82がコア80の周りに巻き付けられている場合には、少量の接着剤が巻き線84の間に配置され、これらの巻き線を互いに保持するようにされている。レシーバコイル92には、頂部に粘着性のある平坦な面、例えば二重折りにされたテープスタックが取り付けられた平坦面が形成されていることが好ましい。コイル92が形成されると少量の接着剤、例えば5分間で硬化するエポキシ樹脂が巻き線96の間に配置される。粘着面は、接着剤が硬化するまで動かないように固定される。この接着剤が適切に硬化されると、コイル92は、粘着面から除去され、ドライバコイルとレシーバコイル82、92の間に少量の接着剤手段を用いてドライバコイル82へと取り付けられる。シールド74は、フェライト材料から構成されることが好ましく、約5分間で硬化するエポキシと言った接着手段によりプローブ要素に取り付けられる。

【0035】図5(a)、(b)、(c)には、エディカレント要素62の部分の付加的な形状を示している。

【0036】エディカレントプローブの評価を行うために通常用いられる2つの基準は、プローブの幅に沿った異なったポイントについて測定される本発明においては均一性として引用するレスポンスの均一性と、信号振幅のピークツーピークとピークツーピークノイズの最悪の場合の間における信号振幅を表したシグナル・ノイズ比によって示されるレスポンスの感度とを含んでいる。感度は、特定サイズの欠陥を面出するための能力を示している。用途に好適なプローブのためには、関心のある欠陥サイズを検出する十分な感度を有している必要がある。均一性は、プローブの有効幅の指標とされる。プローブは、そのプローブの幅を横切ったすべてのポイントにおいて同一の感度を有しているものではない。端部における感度は、典型的には中心部よりも低く、本発明のためには好適ではない。より有効幅を広げれば一度により広い領域を検査することができる効果が得られ、すなわち広いフィールドカバー性を得ることにより、全体の検査をより迅速に行うことができることになる。均一性は、また複雑な形状の、例えば角部を有する部品の検査に用いられるプローブに有効である。典型的には、この端部には、プローブの一部が配置されるにすぎない。プローブがその端部において感度が低い場合には、プローブはコーナ付近における欠陥を検出することが不可能となる。

【0037】図6、図7、図8を参照すると、グラフに示されているように160、164、168にはそれぞれ曲線172、176、180が示されておりチタン表面の微少な楕円形欠陥に対する3つの異なったエディカレントプローブについてレスポンスの均一性を示した図である。曲線172(図6)は、航空機工業及び電力工業における重要な部品を検査するためにこれまで用いられてきたエディカレントプローブ(差動式反射エディカレントプローブ)のレスポンスを示している。このプローブは小さく、わずかに0.060インチの幅しか有していないが、好適なシグナル・ノイズ比を有する最も大きなプローブである。曲線176(図7)は、約0.52インチの幅を有する市販の広いフィールドを有するエディカレントプローブからのレスポンスを表す。曲線180(図8)は、本発明の好適な実施例におけるエディカレントプローブのレスポンスを示す。このプローブは、約0.151インチの幅を有している。曲線172(図6)、180(図8)は、この欠陥への実施例のレスポンスを示している。曲線176(図7)は、欠陥に対するシミュレーションを示す。楕円形形状の欠陥は、電気放電加工(EDM)法によって形成され、深さが0.01インチあり、長さが走査経路の方向における寸法で0.02インチあり、幅が走査経路に対して直交する方向に0.0019インチある。

【0038】曲線172(図6)、曲線176(図7)、曲線180(図8)は、それぞれ対となった破線184(図6)、曲線188(図7)、曲線192(図8)が示されており、これらは、それぞれ対応するプローブの幅手方向端部におけるレスポンスの程度を示しているとともに、別の対となった波線196(図6)、曲線200(図7)、曲線204(図8)は、ピーク値の少なくとも50%の大きさのレスポンスを有する部分を示している。曲線172(図6)は、従来のエディカレントプローブが0.06インチ幅のプローブにおいて0.50インチがピーク値の50%を有している、すなわちプローブ幅の80%を有していることが示されている。曲線176(図7)は、市販のワイドフィールドのエディカレントプローブの、ピーク値の少なくとも50%以上が0.52インチの幅のプローブにおいて0.3インチ、すなわちプローブ幅の58%であることが示されている。曲線180(図8)は、本発明の好適な実施例におけるエディカレントプローブがピーク値の少なくとも50%を0.151インチ幅のプローブにおいて0.145インチ、すなわちプローブ幅の96%を有していることを示している。したがって、本発明のエディカレントプローブは、従来航空機工業及び電力工業において用いられてきたエディカレントプローブよりもより均一なレスポンスを提供することができる。これに加えて、本発明のプローブは、市販のワイドフィールドプローブよりも均一なレスポンスを提供することができる。

さらには、1つの好適な実施例では、0.151インチに対して0.52インチと市販のワイドフィールドのプローブほどには広くないものの、本発明における異なった実施例では、約0.50インチの幅を有しており、レスポンスはパーセントにおいて0.151インチ幅のプローブのようにほぼ均一とされている。したがって、このようなプローブは、市販の最も広いフィールドを有するエディカレントプローブと同程度に広く、よりレスポンスが均一である。

【0039】図9、図10を参照すると、グラフ208及び212にはそれぞれ曲線216、220が示されており、これらのグラフは、それぞれ上述した欠陥に対する幅が0.06インチを有する従来のエディカレントプローブと約0.151インチ幅の本発明の好適な実施例のエディカレントプローブによるシグナルノイズ比を示している。従来のエディカレントプローブのシグナルノイズ比は9.3:1であり、本発明のエディカレントプローブのシグナルノイズ比は、17.0:1である。したがって、本発明のエディカレントプローブは、広いフィールドを有するばかりでなく、より均一なレスポンスを有しており、さらには、航空機工業及び電力工業における重要な部品に用いられる従来のエディカレントプローブよりも高い信号ノイズ比を有している。これらは、疑似信号を与えることなく小さなサイズの欠陥の検出を可能とするより良好な欠陥感受性を有していることに寄与するものであり、同時に3倍もの検査時間を向上するものである。別の実施例においては、さらに大きな製造上における改善が行われる。

【0040】本発明の第1の実施例による上述した寸法及び関係は、後述する別の実施例に適用される。

【0041】図11～図13及び図14及び図15、図16及び図17には、本発明の別の実施例が示されている。これらの実施例はそれぞれ、コアが第1の実施例とは異なった形状とされているが、これらの実施例それぞれにおけるプローブの操作及びインターフェイスは上述の第1の実施例について上述したと実質的に同一とされている。

【0042】図11を参照すると、本発明の第2の実施例におけるエディカレントプローブ262は、ドライバ270と、主外側面276を備えたレシーバ272と、を有している。ドライバ270は、コア280とコイル282とを有している。コイル282は、複数の巻き線284を有しており、これらはコア280の周りに配設されているとともに、つの端部ターミナル286、288を備えている。レシーバ272は、複数の巻き線296と2つの端部ターミナル298、300を備えたコイル292を有している。レシーバコイル292の一方の端部298は、ドライバコイル282の一方の端部に電氣的に接続されて、共通のターミナル302を形成していることが好ましい。このプローブは、物体の表面に沿

って走査経路316を移動するようにされている。

【0043】この実施例においては、ドライバコア280は、半円筒形状を有している。このコア280の厚さ350(図13(b))は、比較的小さいことが好ましく、好ましくは約0.0015インチであることが好ましい。1つの実施例においては、コアは、0.1インチ以下の厚さを有していることが好ましく、さらには約0.015インチとされることが好ましい。このコアの外側径は、約0.080インチとされていることが好ましい。

【0044】ドライバコイル282は、有効軸324を有しており、この有効軸は、コイル282を流れる電流から発生する磁界325を観測することにより決定される。レシーバコイル292は、コイル軸326を有しており、このコイル軸326は、ドライバコイル軸324に実質的に垂直とされている。

【0045】図12を参照すると、ドライバコイルとレシーバコイルは、それぞれ幅328、330、長さ332、334、厚さ336、338を有している。ドライバコイル282は、幅方向に対向する端部340、334を有している。エディカレントプローブに通常用いられているように、この幅328、330は、走査経路316の方向に対して直交する方向の寸法を言う。長さ332、334とは、走査経路316の方向に平行な寸法を言う。ドライバの長さは、レシーバの長さよりも僅かに長くされていて、レシーバの下側においてより均一な磁界を与えるようにされていることが好ましいが、いかなる好適な長さであっても用いることができる。ドライバの厚さは、約0.050インチとされていることが好ましい。レシーバコイル292の螺旋の中間部において約0.025インチ幅のギャップ346とされていることが好ましい。

【0046】本発明の第1の構成と第2の構成によれば、レシーバは、その長さ方向の寸法よりも実質的に大きな幅寸法を有しており、より広いフィールドカバー性を得るために少なくとも1.25倍長さがあることが好ましい。レシーバと少なくとも1つの幅方向の対向端部140、144の距離は、ドライバの幅の0.125倍以下とされていて、従来の電流バータベションプローブにおいて可能とされていたドライバ周辺部における感度をより向上させていることが好ましい。

【0047】ドライバコア280の径方向の内径に沿った互いに隣接する巻き線の間には、ギャップが設けられていないことが好ましい。しかしながら、いくつかの実施例においては、コアの径方向内側の内径にはギャップを設けることが好ましい場合も生じる。巻き線の数、約30～40の範囲、例えば33とされていることが好ましい。

【0048】図13(a)、(b)、(c)には、エディカレント要素262の部分の付加的な形状を示してい

る。

【0049】図14(a)に示すように、本発明の第3の実施例のエディカレントプローブ362は、ドライバ370とレシーバ372と、対となったシールド374とを備えている。レシーバは、主外側面376を備えている。ドライバ370は、コア380とコイル382とを備えている。コイル382は、複数の巻き線384を有しており、この巻き線384は、コア380及び2つの端部ターミナル386、388の周りに配設されている。レシーバ372は、複数の巻き線396と2つの端部ターミナル398、400を備えたコイル392を有している。レシーバコイル392の一方のターミナル398は、ドライバコイル382の一方のターミナル388と電気的に連結されていて、共通のターミナル402とされていることが好ましい。このプローブは、物体の表面に沿って走査経路416を移動する。

【0050】この実施例においては、ドライバコア380は、実質的に半円柱形状(D様形状)とされている。この形状は、幅方向に曲がった形状を有するレシーバの主外側面、すなわち走査経路に垂直とされる面であり、曲面を走査するのを容易にさせている。コア380の径450(図15(c))は、比較的小さく、例えば約0.032インチとされていることが好ましい。これ以外のいかなる好適な形状及び寸法のコアであっても用いることができる。

【0051】ドライバコイル382は、有効軸424を有しており、コイル382を流れる電流によって発生する磁界425を観測することによって決定される。レシーバコイル392は、実質的にドライバコイルの有効軸424に垂直に配置されたコイル軸426を有している。

【0052】図14(b)を参照すると、ドライバコイルとレシーバコイルは、それぞれ幅428、430、長さ432、434、厚さ436、438を有している。ドライバコイル382は、幅方向対向端部440、444(図示せず)を有している。エディカレントプローブに通常用いられているように、この幅428、430は、走査経路416の方向に対して直交する方向の寸法を言う。長さ432、434とは、走査経路416の方向に平行な寸法を言う。ドライバの長さ432は、約0.058インチとされていることが好ましい。レシーバコイル392の螺旋の中間部において約0.025インチ幅のギャップ446形成されていることが好ましい。

【0053】本発明の第1の構成と第2の構成によれば、レシーバは、その長さ方向の寸法よりも実質的に大きな幅寸法を有しており、より広いフィールドカバー性を得るために少なくとも1.25倍長さがあることが好ましい。レシーバと少なくとも1つの幅方向の対向端部440、444の距離は、ドライバの幅の0.125倍

以下とされていて、従来の電流パータベションプローブにおいて可能とされていたドライバ周辺部における感度をより向上させていることが好ましい。

【0054】ドライバコア380の径方向の内径に沿った互いに隣接する巻き線384の間には、ギャップが設けられていないことが好ましい。しかしながら、いくつかの実施例においては、コアの径方向内側の内径にはギャップを設けることが好ましい場合も生じる。巻き線の数は、約15~40の範囲、例えば25とされていることが好ましいが、約20~30、好ましくは25とされていることが最も好ましい。

【0055】図15(a)、(b)、(c)には、エディカレント要素362の付加的な部分が示されている。

【0056】図16を参照すると、本発明の第4の実施例のエディカレントプローブ462が示されており、このプローブ462は、ドライバ470と、レシーバ472と、対となったシールド474とを備えている。レシーバは、主外側面476を備えている。ドライバ470は、コア380とコイル482とを備えている。コイル482は、複数の巻き線484を有しており、この巻き線484は、コア380及び2つの端部ターミナル486、488の周りに配設されている。レシーバ472は、複数の巻き線と2つの端部ターミナル498、500を備えたコイル492を有している。レシーバコイル492の一方の端部ターミナル498は、ドライバコイル482の一方のターミナル488と電気的に連結されていて、共通のターミナル502とされていることが好ましい。このプローブは、物体の表面に沿って走査経路を移動する。

【0057】この実施例においては、レシーバコイル480は、複合曲線形状を有している。この形状は、幅方向において複合曲線とされた形状の走査経路に垂直なレシーバ主外側面を与えて、複合曲線となった表面の走査を容易にしている。コア380の半径450(図15(c))は、比較的小さいことが好ましく、例えば約0.032インチとされていることが好ましい。これ以外のいかなる形状寸法のコアであっても用いることができる。

【0058】ドライバコイル482は、有効軸524を有しており、コイル482を流れる電流によって発生する磁界525を観測することによって決定される。レシーバコイル492は、実質的にドライバコイルの有効軸524に垂直に配置されたコイル軸526を有している。

【0059】図17を参照すると、ドライバコイルとレシーバコイルは、それぞれ幅528、530、長さ532、534、厚さ536、538を有している。ドライバコイル482は、幅方向対向端部540、544を有している。エディカレントプローブに通常用いられているように、この幅528、530は、走査経路516の

方向に対して直交する方向の寸法を言う。長さ532、534とは、走査経路516の方向に平行な寸法を言う。レシーバコイル492の螺旋の中間部において約0.025インチ幅のギャップ546形成されていることが好ましい。

【0060】本発明の第1の構成と第2の構成によれば、レシーバは、その長さ方向の寸法よりも実質的に大きな寸法を有しており、より広いフィールドカバー性を得るために少なくとも1.25倍長さがあることが好ましい。レシーバと少なくとも1つの幅方向の対向端部540、544の距離は、ドライバの幅の0.125倍以下とされていて、従来の電流パターベーションプローブにおいて可能とされていたドライバ周辺部における感度をより向上させていることが好ましい。

【0061】ドライバコア480の径方向の内径に沿った互いに隣接する巻き線484の間には、ギャップが設けられていないことが好ましい。しかしながら、いくつかの実施例においては、コアの径方向内側の内径にはギャップを設けることが好ましい場合も生じる。巻き線の数は、約15～約40の範囲で可能であり、約20～30の範囲、好ましくは25とされていることが好ましい。

【0062】本発明の第1の構成と第2の構成とを組み合わせれば最良の実施例が得られることは理解されるが、このようにすることは必須のことではない。したがって、プローブは、本発明の第1の構成と第2の構成とこれら第1の構成及び第2の構成を組み合わせることができる。最適感度は、典型的には走査経路を欠陥の予測される大きな表面寸法の方向に平行な方向に走査経路を配置することによって得られる。

【0063】さらには、本発明は、特定の形状と寸法を有するドライバとレシーバとを用いて説明してきたが、本発明はいかなる形状及び寸法のドライバとレシーバとを用いることができる。例えば、別の実施例においては、半円筒形状（図11から図13のドライバ270の形状に類似する）のドライバと半円柱形状（図14及び図15のドライバ270の形状に類似する）のコアを用いるか、又は矩形のコア（図3～図5の80のような形状のコアである）を用いることもでき、レシーバコイルは、ドライバコイルの有効軸に実質的に垂直となるようにコイル軸を形成するようにコアに巻き付けられていても良い。

【0064】種々の実施例をもって特定の発明を説明してきたが、上述の説明は、本発明を制限するものではない。上述の実施例の種々の変更は、本発明の付加的な実施例と同様に、当業者によれば本発明に基づいて、本発明の趣旨内においてなすことができることが流解されよう。添付する請求項は、上述のどのような変更又は実施例をも包含するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】ガスタービンエンジンと本発明のエディカレントプローブの第1の実施例とを組み合わせたとの斜視図であり、エディカレントプローブからの信号を受け取り評価するためのインタフェース装置とプロセッサの概略を示した図。

【図2】図1に示したエディカレントプローブ及びロータディスクがロータディスクの検査のために配置されたところを示した図。

【図3】図1に示したエディカレントプローブ要素の斜視図。

【図4】図1に示したエディカレントプローブ要素の別の斜視図。

【図5】(a)は、図1に示したエディカレントプローブ要素の分解図であり、(b)は、図1に示したエディカレントプローブ要素の分解平面図であり、(c)は、図1に示したエディカレントプローブのドライバコアとレシーバとを分解した分解側面図。

【図6】人工的な欠陥に対する従来のエディカレントプローブ要素のレスポンスをグラフで示した図。

【図7】人工的な欠陥に対する広いフィールドのエディカレントプローブのレスポンスをグラフで示した図。

【図8】人工的な欠陥に対する図1に示したプローブからの信号をグラフで示した図。

【図9】人工的な欠陥に対する従来のエディカレントプローブの信号をグラフで示した図。

【図10】人工的な欠陥に対する図1のプローブの信号をグラフで示した図。

【図11】本発明の第2の実施例のエディカレントプローブ要素を示した斜視図。

【図12】本発明の第2の実施例のエディカレントプローブ要素の別の斜視図。

【図13】(a)は、図11のエディカレントプローブ要素の分解端面図であり、(b)は、図11のエディカレントプローブ要素の分解平面図であり、(c)は、ドライバコアと図11のエディカレントプローブ要素の分解側面図。

【図14】(a)は、本発明の第3の実施例のエディカレントプローブ要素の斜視図であり、(b)は、(a)に示す実施例の別の斜視図。

【図15】(a)は、図14(a)のエディカレントプローブ要素の正面図であり、(b)は、図14(a)のエディカレントプローブ要素の側面図であり、(c)は、図14(a)のエディカレントプローブ要素の分解側面図。

【図16】本発明の第4の実施例のエディカレントプローブ要素の斜視図。

【図17】図16に示す実施例の別の斜視図。

【符号の説明】

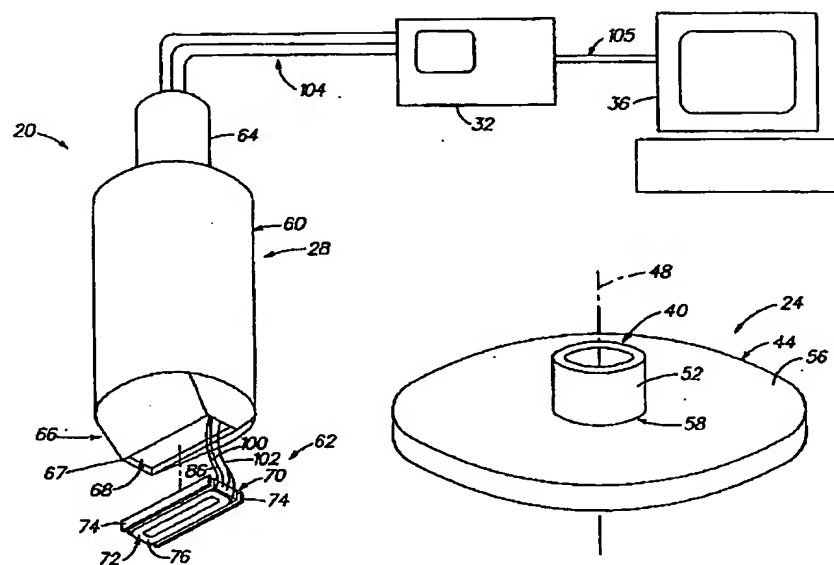
20…自動化検査装置

24…ロータディスク

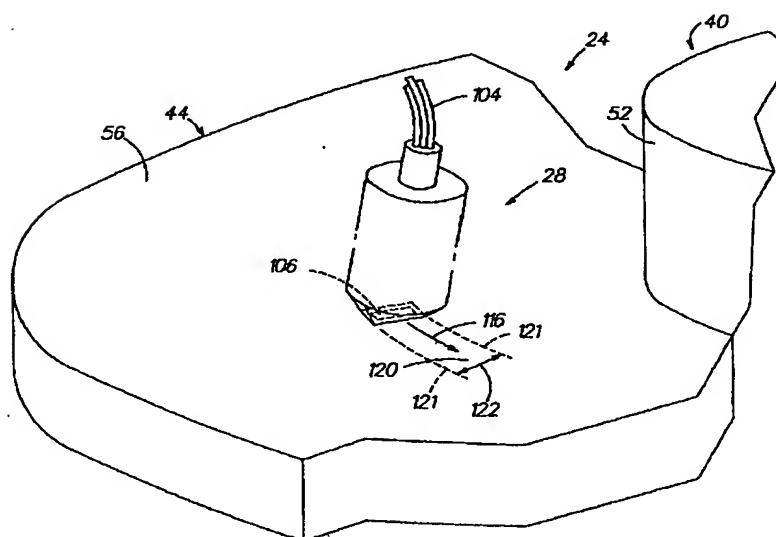
22

* 4 4…ディスク部分
4 8…長手方向軸
5 2, 5 6…面
5 6…角部

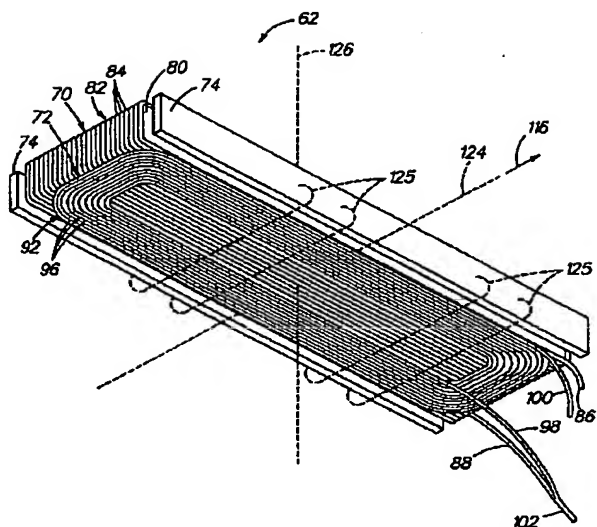
【圖 1】



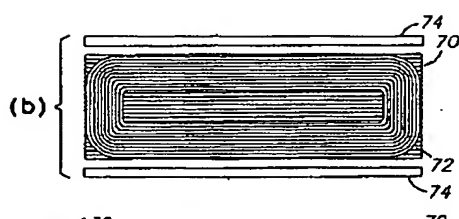
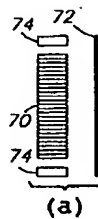
【圖2】



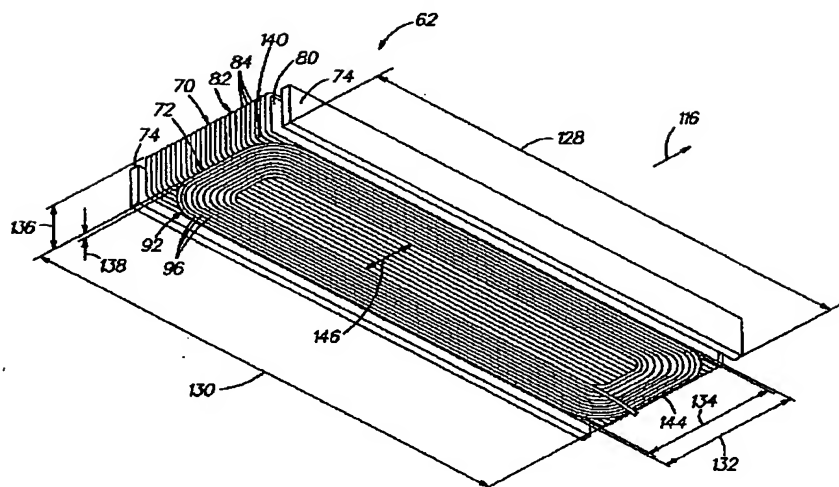
【図3】



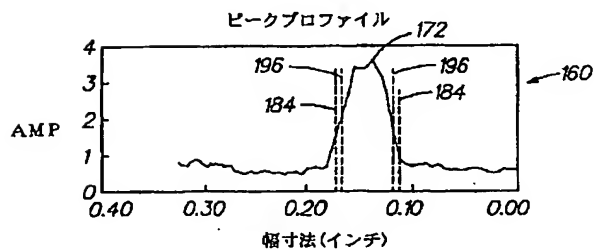
【図5】



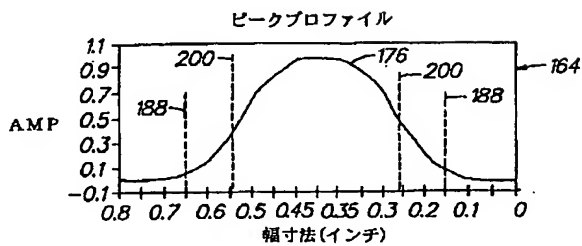
【図4】



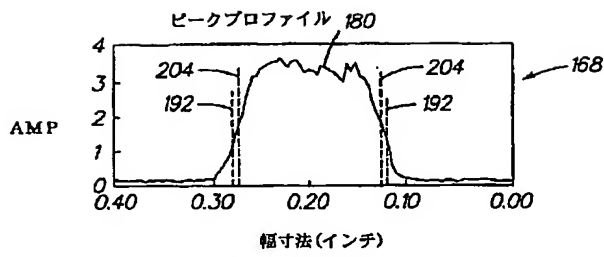
【図6】



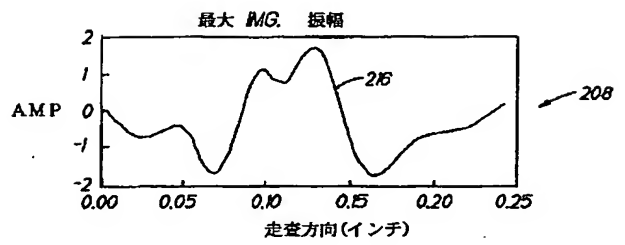
【図7】



【図8】

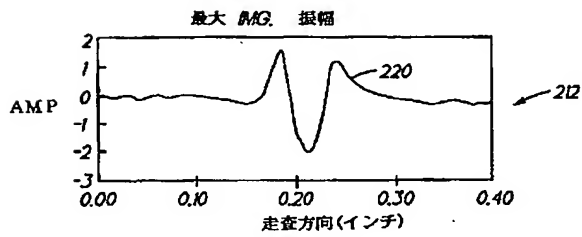


【図9】



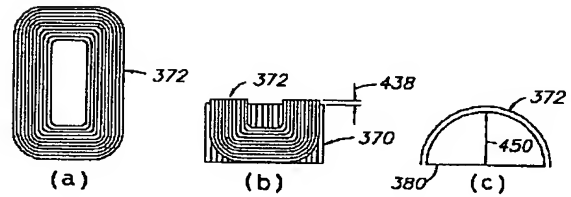
SNR=9.3 : 1

【図10】

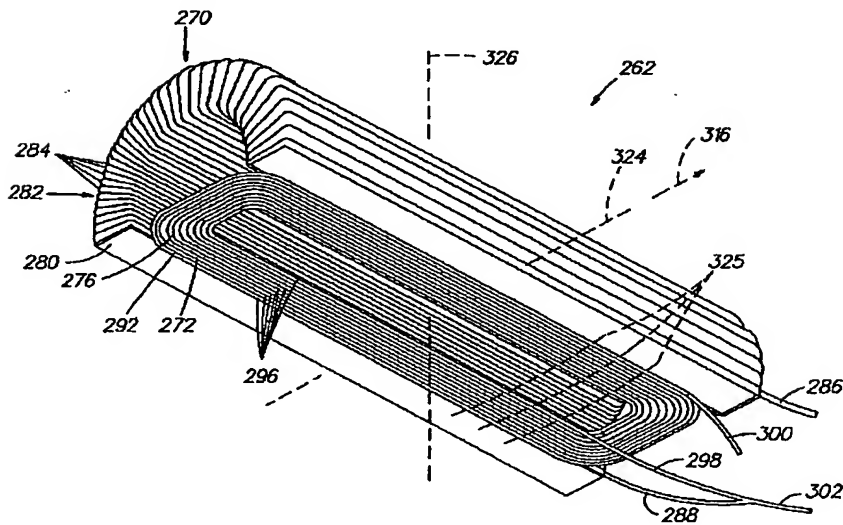


SNR=17.0 : 1

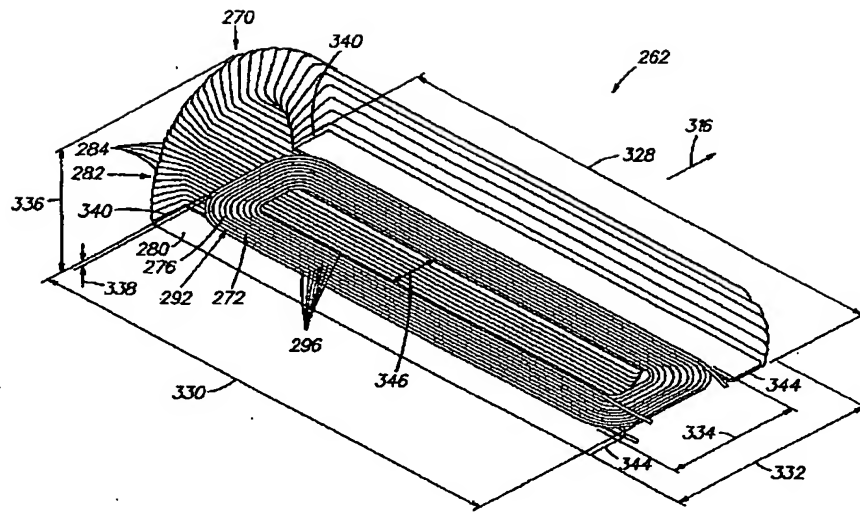
【図15】



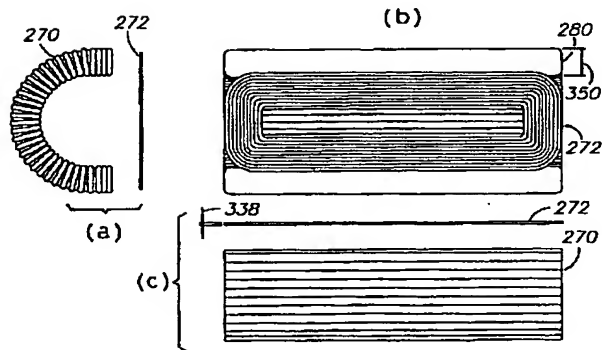
【図11】



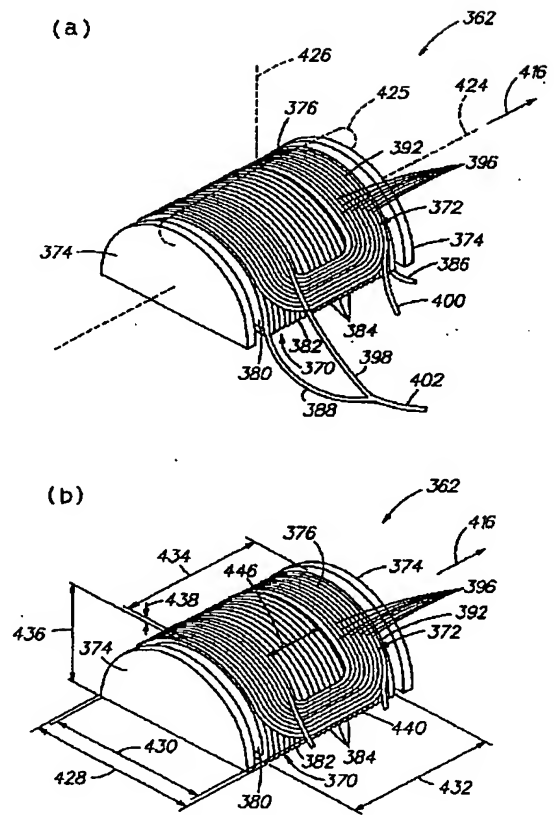
【図 12】



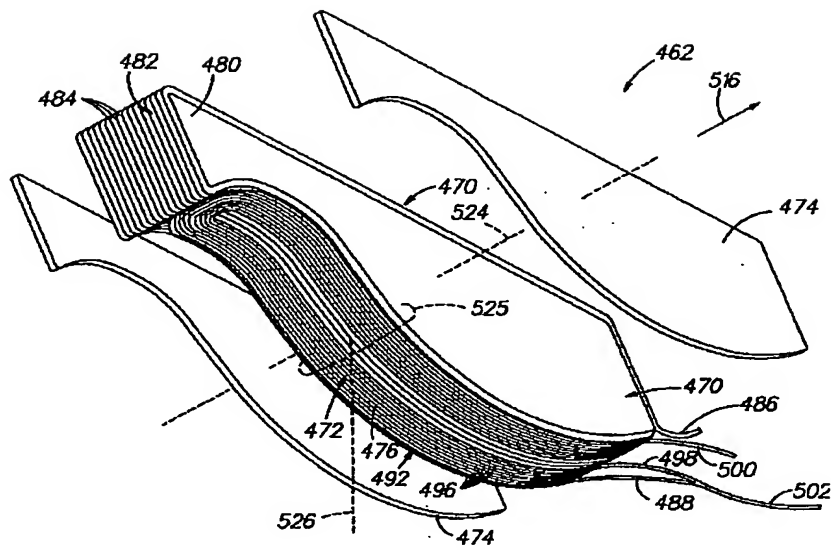
【図 13】



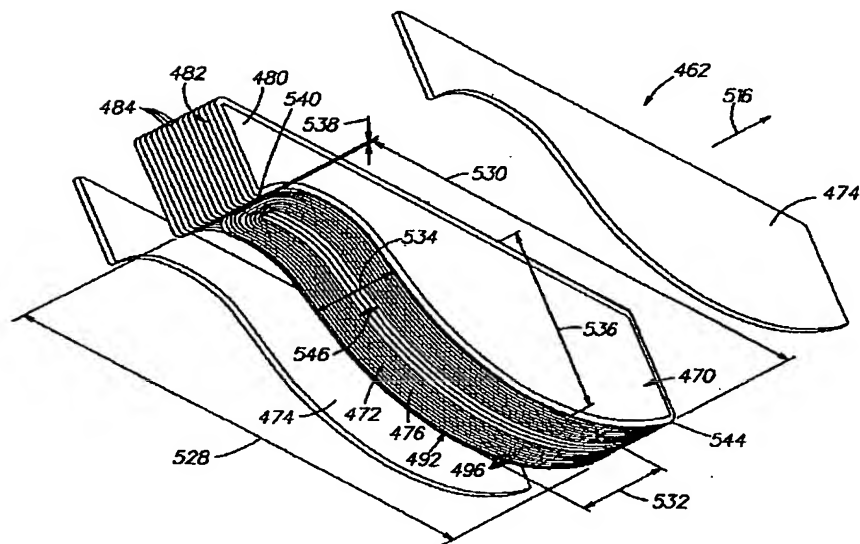
【図 14】



【図16】



【図17】



フロントページの続き

(72)発明者 ジェイ アモス
アメリカ合衆国、フロリダ、ホープ サウ
ンド、サウスイースト ミスティック コ
ーヴ 9197

(72)発明者 ケヴィン ディー、スミス
アメリカ合衆国、フロリダ、ジュビター
121 ストリート テラス ノース 17891